

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AA

(11)Publication number : 10-081538

(43)Date of publication of application : 31.03.1998

(51)Int.Cl.

C03B 37/027  
// G02B 6/00

(21)Application number : 08-232221

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 02.09.1996

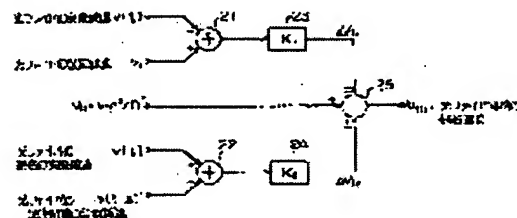
(72)Inventor : TSUNEISHI KATSUYUKI  
KUWABARA KAZUYA  
TAKAGI MITSURU

## (54) DRAWING OF OPTICAL FIBER AND DRAWING APPARATUS

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain a preset drawing speed of an optical fiber in a short time independent of various conditions such as the outer diameter of the optical fiber preform and the temperature of the heating furnace.

SOLUTION: A subtracter 21 receives the actual linear speed  $v(t)$  of an optical fiber and the preset speed  $v_1$  and outputs their difference. A multiplier 23 multiplies the linear speed difference outputted from the subtracter 21 by a coefficient  $K_1$  and outputs the result  $\Delta Vt_1$ . A second subtracter 22 receives the actual linear speed  $v(t)$  of the optical fiber and the actual linear speed of the fiber a definite time before the former linear speed  $v(t-\Delta t)$  and outputs their difference. A second multiplier 24 multiplies the difference outputted from the subtracter 22 by a coefficient  $K_2$  and outputs the result  $\Delta Vt_2$ . In an adder 25, the value  $\Delta Vt_1$  outputted from the multiplier 23 is added to the preset feeding speed  $Vf_1$  of the optical fiber preform corresponding to the preset linear speed  $V_1$  of the optical fiber, the value  $\Delta f_2$  outputted from the multiplier 24 is subtracted from the result and the obtained result is outputted as the feeding speed  $Vf(t)$  of the optical fiber preform.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.11.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-81538

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月31日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 0 3 B 37/027			C 0 3 B 37/027	A
// G 0 2 B 6/00	3 5 6		G 0 2 B 6/00	3 5 6 A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-232221

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月2日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 常石 克之

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 桑原 一也

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 高城 充

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

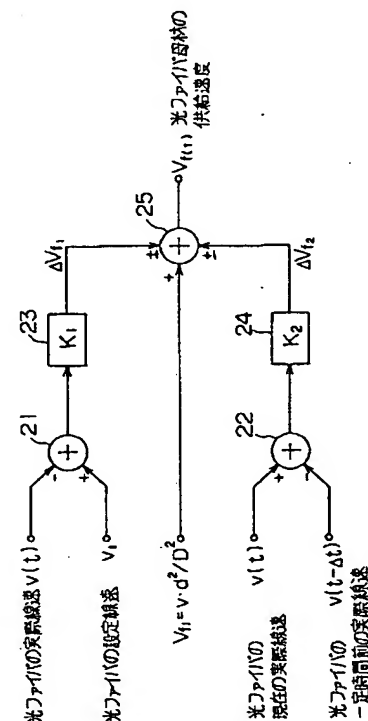
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバ線引方法および線引装置

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ母材の外径や加熱炉の温度等の条件に依らずに、光ファイバの線引速度を短時間に設定線速に到達させる。

【解決手段】 減算器21は、光ファイバの実際線速 $v(t)$ と設定線速 $v_i$ とを入力して、これらの線速差を求め、乗算器23は、その減算器21から出力された線速差に係数 $K_1$ を乗算して $\Delta V_{r1}$ を出力する。減算器22は、光ファイバの実際線速 $v(t)$ とその一定時間前の実際線速 $v(t-\Delta t)$ とを入力して、これらの差を求め、乗算器24は、その減算器22から出力された差に係数 $K_2$ を乗算して $\Delta V_{r2}$ を出力する。加算器25は、光ファイバの設定線速 $v_i$ に対応する光ファイバ母材の設定供給速度 $V_{f1}$ に、乗算器23から出力された $\Delta V_{r1}$ を加算し、さらに、乗算器24から出力された $\Delta V_{r2}$ を減算し、その結果を光ファイバ母材の供給速度 $V_f(t)$ として出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバ母材を加熱線引して光ファイバを製造する光ファイバ線引方法であって、前記光ファイバの設定線速と実際線速との線速差に基づいて、または、前記線速差と前記実際線速の単位時間当たりの変化量とに基づいて、前記光ファイバ母材の供給速度を制御する、ことを特徴とする光ファイバ線引方法。

【請求項 2】 前記光ファイバの線引開始後の当初から前記線速差と前記変化量とに基づいて前記供給速度を制御する、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ線引方法。

【請求項 3】 前記光ファイバの線引開始後の当初は前記線速差に基づいて前記供給速度を制御し、前記実際線速が前記設定線速の一定割合以上になった後には前記線速差と前記変化量とに基づいて前記供給速度を制御する、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ線引方法。

【請求項 4】 光ファイバ母材を加熱線引して光ファイバを製造する光ファイバ線引装置であって、前記光ファイバ母材を供給する母材供給手段と、前記光ファイバの設定線速と実際線速との線速差に基づいて、または、前記線速差と前記実際線速の単位時間当たりの変化量とに基づいて、前記光ファイバ母材を供給すべき速度を算出する演算手段と、前記演算手段により算出された前記速度に基づいて、前記母材供給装置による前記光ファイバ母材の供給速度を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする光ファイバ線引装置。

【請求項 5】 前記演算手段は、前記光ファイバの設定線速と実際線速との差を前記線速差として出力する第 1 の減算器と、前記第 1 の減算器から出力された前記線速差に第 1 の係数を乗算し、その結果を出力する第 1 の乗算器と、前記光ファイバの設定線速に対応した前記光ファイバ母材の供給速度に、前記第 1 の乗算器からの出力を加算し、その結果を前記光ファイバ母材を供給すべき速度として出力する加算器と、を備えることを特徴とする請求項 4 記載の光ファイバ線引装置。

【請求項 6】 前記演算手段は、互いに一定時間だけ異なる前記光ファイバの実際線速の差を前記変化量として出力する第 2 の減算器と、前記第 2 の減算器から出力された前記変化量に第 2 の係数を乗算し、その結果を出力する第 2 の乗算器と、を更に備え、前記加算器は、更に前記第 2 の乗算器からの出力を減算し、その結果を前記光ファイバ母材を供給すべき速度として出力する、

ことを特徴とする請求項 5 記載の光ファイバ線引装置。

【請求項 7】 前記母材供給装置は、前記光ファイバ母

材の供給速度の設定可能範囲が少なくとも  $20\text{ mm/分}$  から  $20\text{ mm/分}$  までの範囲である、ことを特徴とする請求項 4 記載の光ファイバ線引装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ母材を加熱線引して光ファイバを製造する光ファイバ線引方法および線引装置に関するものであり、光ファイバの不良部分を減少させて生産性向上を図るものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光ファイバ母材を加熱線引する工程において、光ファイバ母材からの線引条件および樹脂コーティング条件の変動は、光ファイバの品質に大きな影響を与える。そこで従来より、光ファイバの線引速度が設定線速に達して安定した後に製造された光ファイバの部分を良品としている。

【0003】 また、光ファイバ母材を連続供給することは非常に困難であるため、光ファイバ母材を大型化して、1つの光ファイバ母材から得られる光ファイバ単長を長くすることが行われ、このようにすることにより、母材供給装置への光ファイバ母材のセットや段取り等から生じる線引装置の稼働率低下を抑制するとともに、光ファイバの不良部分の発生割合を低減している。しかし、一方で、生産性向上を図るべく光ファイバの線引速度は上昇の一途を辿っており、このことは、光ファイバの不良部分を増加させる要因となっている。

【0004】 この問題を解決すべく、光ファイバ母材の供給速度を急速に変化させ加熱炉に対する光ファイバ母材の位置を制御することにより、光ファイバの線引速度を短時間に設定線速に到達させる技術が、特公昭 62-50419 号公報に開示されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、この特公昭 62-50419 号公報に開示された技術では、光ファイバ母材の外径や加熱炉の温度等の条件が異なると、光ファイバの線引速度の変化量も異なる。したがって、光ファイバ母材の外径や加熱炉の温度等の条件に無関係に光ファイバ母材の供給速度を急速に変化させ加熱炉に対する光ファイバ母材の位置を制御するだけでは、光ファイバの線引速度を安定に制御するのは困難で、光ファイバの不良部分の発生量のばらつきが大きくなるという問題点がある。

【0006】 すなわち、光ファイバ母材の外径が小さい場合または加熱炉の温度が高い場合には、光ファイバの線引速度は、設定線速に一旦到達した後その設定線速を越え、その後、設定線速に到達し安定するまで時間を要する。逆に、光ファイバ母材の外径が大きい場合または加熱炉の温度が低い場合には、光ファイバに線引速度は、設定線速に漸近していくが、設定線速に到達するまで時間を要する。

【0007】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、光ファイバ母材の外径や加熱炉の温度等の条件に依らずに、光ファイバの線引速度を短時間に設定線速に到達させることができる光ファイバ線引方法および線引装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光ファイバ線引方法は、光ファイバ母材を加熱線引して光ファイバを製造する光ファイバ線引方法であって、光ファイバの設定線速と実際線速との線速差に基づいて、または、線速差と実際線速の単位時間当たりの変化量とに基づいて、光ファイバ母材の供給速度を制御する、ことを特徴とする。この光ファイバ線引方法によれば、光ファイバの設定線速と実際線速との線速差に基づいて、または、線速差と実際線速の単位時間当たりの変化量とに基づいて、光ファイバ母材の供給速度が制御されて、光ファイバの線引速度は、安定に設定線速に制御される。

【0009】光ファイバの線引開始後の当初から線速差と変化量とに基づいて供給速度を制御すれば、光ファイバの線引速度は、短時間のうちに設定線速に到達する。また、光ファイバの線引開始後の当初は線速差に基づいて供給速度を制御し、実際線速が設定線速の一定割合以上になった後には線速差と変化量とに基づいて供給速度を制御すれば、光ファイバの線引速度は、更に短時間のうちに設定線速に到達する。

【0010】本発明に係る光ファイバ線引装置は、光ファイバ母材を加熱線引して光ファイバを製造する光ファイバ線引装置であって、(1) 光ファイバ母材を供給する母材供給手段と、(2) 光ファイバの設定線速と実際線速との線速差に基づいて、または、線速差と実際線速の単位時間当たりの変化量とに基づいて、光ファイバ母材を供給すべき速度を算出する演算手段と、(3) 演算手段により算出された速度に基づいて、母材供給装置による光ファイバ母材の供給速度を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0011】この光ファイバ線引装置によれば、光ファイバ母材を供給すべき速度は、光ファイバの設定線速と実際線速との線速差に基づいて、または、線速差と実際線速の単位時間当たりの変化量とに基づいて、演算手段により算出され、母材供給装置による光ファイバ母材の供給速度は、演算手段により算出された速度に基づいて、制御手段により制御される。そして、光ファイバの線引速度は、安定に設定線速に制御される。

【0012】演算手段は、(1) 光ファイバの設定線速と実際線速との差を線速差として出力する第1の減算器と、(2) 第1の減算器から出力された線速差に第1の係数を乗算し、その結果を出力する第1の乗算器と、(3) 光ファイバの設定線速に対応した光ファイバ母材の供給速度に、第1の乗算器からの出力を加算し、その結果を光ファイバ母材を供給すべき速度として出力する加算器

と、を備えることとしてもよい。この場合、第1の減算器により、光ファイバの設定線速と実際線速との差である線速差が得られ、第1の乗算器により、その線速差に第1の係数が乗算されて出力され、そして、加算器により、光ファイバの設定線速に対応した光ファイバ母材の供給速度に、第1の乗算器からの出力が加算され、その結果が、光ファイバ母材を供給すべき速度として出力される。

【0013】演算手段は、更に、(4) 互いに一定時間だけ異なる光ファイバの実際線速の差を変化量として出力する第2の減算器と、(5) 第2の減算器から出力された変化量に第2の係数を乗算し、その結果を出力する第2の乗算器と、を備え、加算器は、更に第2の乗算器からの出力を減算し、その結果を光ファイバ母材を供給すべき速度として出力する、こととしてもよい。この場合、第2の減算器により、互いに一定時間だけ異なる光ファイバの実際線速の差が変化量として出力され、第2の乗算器により、その変化量に第2の係数が乗算されて出力され、そして、加算器により、光ファイバの設定線速に対応した光ファイバ母材の供給速度に、第1の乗算器からの出力が加算され、さらに、第2の乗算器からの出力が減算され、その結果が、光ファイバ母材を供給すべき速度として出力される。

【0014】母材供給装置は、光ファイバ母材の供給速度の設定可能範囲が少なくとも $-20\text{ mm/分}$ から $20\text{ mm/分}$ までの範囲であるのが好適である。この場合、光ファイバの線引開始から設定線速に到達するまで好適に光ファイバ母材の供給速度を好適に制御することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。尚、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0016】図1は、本発明に係る光ファイバ線引装置の構成図である。母材供給装置1に保持された光ファイバ母材2は、加熱炉3に供給され、加熱線引されて光ファイバ4となる。その光ファイバ4は、外径測定器5により外径がオンライン測定され、その測定値がキャプスタン6にフィードバックされて外径が一定となるように制御される。その後、光ファイバ4は、プライマリコーティングダイス7によりコーティング樹脂液8を塗布され、樹脂硬化炉9によりコーティング樹脂が加熱硬化され、光ファイバ素線10となる。そして、光ファイバ素線10は、キャプスタン6を経て、巻取機11により巻取られる。

【0017】母材供給装置1は、ドライバ13からの電気信号に基づいて回転するモータ12により、光ファイバ母材2を加熱炉3に供給する。また、ドライバ13は、演算部14からの指示により、モータ12に送るべ

き電気信号を出力する。この演算部 14 は、光ファイバ 4 の設定線速と実際線速との線速差に基づいて、または、光ファイバ 4 の設定線速と実際線速との線速差および実際線速の変化速度の双方に基づいて、光ファイバ母材 2 を供給すべき速度を演算により求める。あるいは、この演算部 14 は、加算器、減算器および乗算器などから構成される回路であってもよい。なお、実際線速は、例えば、キャプスタン 6 の回転速度から求められる。

【0018】次に、光ファイバ母材 2 の供給速度の制御方法について説明する。以下に説明する光ファイバ母材 2 の供給速度は、演算部 14 により求められるものである。

【0019】光ファイバ母材 2 の外径を  $D$ 、光ファイバ 4 の外径を  $d$ 、光ファイバ 4 の設定線速を  $v_1$  とすると、この光ファイバ 4 の設定線速に対応した光ファイバ母材 2 の設定供給速度  $V_{r1}$  は、

$$V_{r1} = v_1 \cdot d^2 / D^2 \quad \dots (1)$$

で決められる速度になる。また、線引中の或る時刻  $t$  における光ファイバ 4 の実際線速を  $v(t)$  とし、この設定線速  $v_1$  と実際線速  $v(t)$  との線速差に正の係数  $K_1$  を乗じた値を  $\Delta V_{r1}$  とする。また、光ファイバ 4 の実際線速  $v(t)$  の単位時間当たりの変化量（すなわち加速度）に正の係数  $K_2$  を乗じた値を  $\Delta V_{r2}$  とする。すなわち、 $\Delta V_{r1}$  および  $\Delta V_{r2}$  それぞれは、

$$\Delta V_{r1} = K_1 \cdot \{v_1 - v(t)\} \quad \dots (2)$$

$$\Delta V_{r2} = K_2 \cdot \{v(t) - v(t - \Delta t)\} \quad \dots (3)$$

で表される。

【0020】そして、時刻  $t$  における光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  は、 $\Delta V_{r1}$  に基づいて、または、 $\Delta V_{r1}$  および  $\Delta V_{r2}$  の双方に基づいて、求められる。すなわち、光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  を、 $\Delta V_{r1}$  および  $\Delta V_{r2}$  の双方に基づいて求める場合には、

$$V_r(t) = V_{r1} \pm \Delta V_{r1} \pm \Delta V_{r2} \quad \dots (4)$$

で表され、また、光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  を  $\Delta V_{r1}$  のみに基づいて求める場合には、

$$V_r(t) = V_{r1} \pm \Delta V_{r1} \quad \dots (5)$$

で表される。

【0021】このようにして演算部 14 で求められた光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  に基づいて、ドライバ 13 はモータ 12 を回転させ、光ファイバ母材 2 を供給速度  $V_r(t)$  で供給する。

【0022】以下に数値の一例を挙げる。設定線速  $v_1$  を  $1000 \text{ m/分}$  とし、実際線速  $v$  を  $500 \text{ m/分}$  とし、係数  $K_1$  の値を  $(5 \text{ mm/分}) / (1000 \text{ m/分})$  とすると、 $\Delta V_{r1}$  は、 $2.5 \text{ mm/分}$  となる。また、実際線速  $v$  が 1 分間に  $450 \text{ m/分}$  から  $500 \text{ m/分}$  へ変化したとし、係数  $K_2$  の値を  $(4 \text{ mm/分}) / (50 \text{ m/分}^2)$  とすると、 $\Delta V_{r2}$  は、 $4 \text{ mm/分}$  となる。そして、(4) 式または (5) 式により、光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  を求める。

【0023】次に、演算部 14 を回路で構成した場合における回路ブロックについて説明する。図 2 は、光ファイバ母材の供給速度を求める演算回路の回路ブロック図である。この図は、光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  を、 $\Delta V_{r1}$  および  $\Delta V_{r2}$  の双方に基づいて求める場合、すなわち、上記 (4) 式に従って求める場合のものである。

【0024】減算器 21 は、光ファイバ 4 の実際線速  $v(t)$  と設定線速  $v_1$  とを入力して、これらの線速差を求め、乗算器 23 は、その減算器 21 から出力された線速差に係数  $K_1$  を乗算して、上記 (2) 式で表される  $\Delta V_{r1}$  を出力する。一方、減算器 22 は、光ファイバ 4 の実際線速  $v(t)$  とその一定時間前の実際線速  $v(t - \Delta t)$  とを入力して、これらの差を求め、乗算器 24 は、その減算器 22 から出力された差に係数  $K_2$  を乗算して、上記 (3) 式で表される  $\Delta V_{r2}$  を出力する。そして、加算器 25 は、上記 (1) 式で表される光ファイバ母材 2 の設定供給速度  $V_{r1}$  に、乗算器 23 から出力された  $\Delta V_{r1}$  を加算し、さらに、乗算器 24 から出力された  $\Delta V_{r2}$  を減算し、その結果を光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  として出力する。

【0025】なお、光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  を  $\Delta V_{r1}$  のみに基づいて求める場合、すなわち、上記

(5) 式に従って求める場合には、図 2 において、減算器 22 および乗算器 24 は取り去られ、加算器 25 は、光ファイバ母材 2 の設定供給速度  $V_{r1}$  に、乗算器 23 から出力された  $\Delta V_{r1}$  を加算して、その結果を光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  として出力する。或いは、乗算器 24 と加算器 25 との間にスイッチを設け、そのスイッチの ON/OFF により、上記 (4) 式および (5) 式の何れに従って光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  を出力するかを選択するようにしてもよい。

【0026】また、乗算器 23 における係数  $K_1$  の値および乗算器 24 における係数  $K_2$  の値は、それぞれ、一定値であってもよいが、可変であってもよい。係数  $K_2$  の値が可変に設定できる場合には、係数  $K_2$  を値 0 以外の値にすれば、上記 (4) 式に従って光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  が出力され、係数  $K_2$  を値 0 にすれば、上記 (5) 式に従って光ファイバ母材 2 の供給速度  $V_r(t)$  が出力される。

【0027】次に、線引開始後の線速上昇時における光ファイバ線引方法の第 1 の実施形態について、図 3 を用いて説明する。本実施形態は、線引開始当初から上記 (4) 式に従って光ファイバ母材 2 の供給速度を制御するものである。

【0028】時刻  $t = T$  までは、光ファイバ 4 の実際線速は、口出し時の低線速  $v_0$  であり、光ファイバ母材 2 の供給速度は、それに対応した速度  $V_{r0}$  であり、この間は、演算部 14 は上述の演算を行わない。時刻  $t = T$  。以降、演算部 14 は、光ファイバ 4 の線引速度を設定

線速  $v_1$  に上昇させるべく、上記(4)式の演算を行う。

【0029】光ファイバ4の設定線速  $v_1$  と実際線速  $v(t)$  との線速差は、当初大きく、実際線速  $v(t)$  が設定線速  $v_1$  に近づくにつれて次第に値0に漸減する。したがって、 $\Delta V_{r1}$  の値も、当初の正值から次第に値0に漸減する。また、光ファイバ4の実際線速  $v(t)$  の単位時間当たりの変化量は、当初の値0から次第に大きくなり、或る時刻以降は次第に値0に漸減していき、 $\Delta V_{r2}$  の値も、これに応じて変化する。光ファイバ母材2の供給速度  $V_r(t)$  は、このような  $\Delta V_{r1}$  および  $\Delta V_{r2}$  から上記(4)式で求められる。

【0030】このように上記(4)式に従って光ファイバ母材2の供給速度を制御すると、その供給速度  $V_r(t)$  は、図3(b)に示すように、時刻  $t=T$ 。以前は口出し時の供給速度  $V_{r0}$  であったものが、時刻  $t=T$ 。直後は大きな正值となり、その後一旦減少した後、時刻  $t=T$ 。で増加に転じて、設定供給速度  $V_{r1}$  に落ちつく。一方、光ファイバ4の線引速度は、図3(a)に示すように、時刻  $t=T$ 。以前の口出し時の線引速度  $v_0$  から次第に増加して、やがて設定線速  $v_1$  に落ちつく。

【0031】なお、図3(b)からも判るように、光ファイバ母材2の供給速度は負の値を取り得る。すなわち、母材供給装置1は、光ファイバ母材2を加熱炉3から遠ざけることもあり得る。そして、光ファイバ母材2の供給速度が取り得る値の範囲について検討したところ、母材供給装置1は、光ファイバ母材2の供給速度の設定可能範囲が少なくとも  $-20\text{ mm/分}$  から  $20\text{ mm/分}$  までであることが必要である。

【0032】次に、線引開始後の線速上昇時における光ファイバ線引方法の第2の実施形態について、図4を用いて説明する。本実施形態は、当初は上記(5)式に従い、後に上記(4)式に従って、光ファイバ母材2の供給速度を制御するものである。

【0033】この場合、演算部14は、光ファイバ4の線引速度を設定線速  $v_1$  に上昇させるべく、時刻  $t=T$ 。以降、上記(5)式の演算を行い、その後、光ファイバ4の線引速度  $v(t)$  が設定線速  $v_1$  の一定割合(図4では50%)になる時刻  $t=T$ 。以降は、上記(4)式の演算を行う。

【0034】このように光ファイバ母材2の供給速度を制御すると、時刻  $t=T$ 。までは、光ファイバ母材2の供給速度が大きいので、光ファイバ4の線引速度は速やかに上昇し、時刻  $t=T$ 。以降は、光ファイバ母材2の供給速度が小さくなる(場合によっては負の値になる)ので、光ファイバ4の線引速度の増加速度は減速し、そして、光ファイバ4の線引速度は設定線速  $v_1$  に安定に漸近する。したがって、第1の実施形態に係る光ファイバ線引方法の場合と比較して、光ファイバ4の線引速度が設定線速  $v_1$  に上昇するのに要する時間は短い。

【0035】次に、上記の第1および第2の実施形態それぞれに係る光ファイバ線引方法による実験を行った結果について説明する。図5は、第1の実施形態に係る光ファイバ線引方法による線引の実験結果のグラフであり、また、図6は、第2の実施形態に係る光ファイバ線引方法による線引の実験結果のグラフである。図7は、比較のために示したもので、従来技術(特公昭62-50419号公報に記載の技術)の光ファイバ線引方法による線引の実験結果のグラフである。

【0036】これらの実験において共通の条件は、以下のとおりである。光ファイバ母材として、外径  $9.5\text{ mm}$   $\phi$ 、 $100\text{ mm}$   $\phi$  および  $105\text{ mm}$   $\phi$  の3種類のものを用い、それぞれの光ファイバ母材から外径  $125\text{ }\mu\text{m}$   $\phi$  の光ファイバを線引した。光ファイバの口出し時の線速を  $20\text{ m/分}$  とし、光ファイバの設定線速を  $1000\text{ m/分}$  とした。

【0037】第1の実施形態に係る光ファイバ線引方法による線引実験では、上記(2)式における係数  $K_1$  を  $(3\text{ mm/分}) / (1000\text{ m/分})$  とし、上記(3)式における係数  $K_2$  を  $(3\text{ mm/分}) / (50\text{ m/分}^2)$  とし、そして、時刻0より、上記(4)式により光ファイバ母材の供給速度の制御を行った。また、第2の実施形態に係る光ファイバ線引方法による線引実験では、係数  $K_1$  および係数  $K_2$  の値それぞれを、第1の実施形態に係る光ファイバ線引方法による線引実験の場合と同じ値とし、そして、時刻0より、上記(5)式により光ファイバ母材の供給速度の制御を行い、光ファイバの実際線速が  $700\text{ m/分}$  (設定線速の70%)に達した時刻以降では、上記(4)式により光ファイバ母材の供給速度の制御を行った。

【0038】また、従来技術の光ファイバ線引方法による線引実験では、光ファイバ母材の供給速度を、時刻0まで(口出し時)は、 $+0.03\text{ mm/分}$  (光ファイバの線速  $20\text{ m/分}$  に相当)とし、時刻0から時刻2分までは、 $+20\text{ mm/分}$  とし、時刻2分から時刻7分までは、 $+0.03\text{ mm/分}$  とし、時刻7分以降は、 $+1.56\text{ mm/分}$  (光ファイバの線速  $1000\text{ m/分}$  に相当)とした。

【0039】以上の条件の下に行った実験の結果を示すグラフ(図5乃至図7)を見ると、以下のことが判る。すなわち、第1の実施形態に係る光ファイバ線引方法による線引実験では、外径  $100\text{ mm}$   $\phi$  の光ファイバ母材の場合、光ファイバの線引速度が設定線速  $1000\text{ m/分}$  に到達するまでに要する時間は約20分であった。また、外径  $9.5\text{ mm}$   $\phi$  および  $105\text{ mm}$   $\phi$  それぞれの光ファイバ母材の場合も、同程度の時間で設定線速に達することができた。第2の実施形態に係る光ファイバ線引方法による線引実験では、外径  $100\text{ mm}$   $\phi$  の光ファイバ母材の場合、光ファイバの線引速度が設定線速に到達するまでに要する時間は約15分であり、第1の実施形態

に係る光ファイバ線引方法による線引よりも5分間ほど短かった。また、外径95mmφおよび105mmφそれぞれの光ファイバ母材の場合も、同程度の時間で設定線速に達することができた。

【0040】これに対して、従来技術の光ファイバ線引方法による線引実験では、外径100mmφの光ファイバ母材の場合には、光ファイバの線引速度が設定線速に到達するまでに要する時間は約30分であった。しかし、外径95mmφの光ファイバ母材の場合には、光ファイバの線引速度は、急速に上昇して時刻18分頃に設定線速に到達するが、その後も上昇したのち下降に転じて、時刻40分頃に設定線速に到達し安定する。また、外径105mmφの光ファイバ母材の場合には、光ファイバの線引速度は、上昇が遅く、設定線速に到達するまでに要した時間は約45分間であった。

【0041】以上のように、本発明に係る光ファイバ線引方法（第1および第2の実施形態に係る光ファイバ線引方法）は、光ファイバの線引速度が設定線速に到達するまでに要する時間が従来の線引方法に比べて短い。特に、第2の実施形態に係る光ファイバ線引方法の場合には、光ファイバの線引速度が設定線速に到達するまでに要する時間が短い。さらに、従来の線引方法では、光ファイバ母材の外径が異なると、光ファイバの線引速度の単位時間当たりの変化量も異なるため、光ファイバの線引速度を安定に制御するのは困難であるのに対して、本発明に係る光ファイバ線引方法では、光ファイバ母材の外径に依らずに、光ファイバの線引速度を短時間に設定線速に到達させることができる。したがって、本願発明によれば、光ファイバの不良部分の発生が少なく、且つ、その発生量のばらつきが小さい。

【0042】なお、従来の線引方法では、加熱炉における光ファイバ母材の加熱温度の変化によっても、光ファイバ母材の外径が変化する場合と同様に、光ファイバの線引速度の単位時間当たりの変化量が異なるため、光ファイバの線引速度を安定に制御するのは困難であるが、本発明に係る光ファイバ線引方法では、このような問題は生じないことも確認された。

#### 【0043】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり本発明によれば、光ファイバの設定線速と実際線速との線速差に基づいて、または、線速差と実際線速の単位時間当たりの\*

\*変化量とに基づいて、光ファイバ母材の供給速度が制御される。このようにすることにより、光ファイバの線引速度は、安定に設定線速に制御される。

【0044】特に、光ファイバの線引開始後の当初から線速差と単位時間当たりの変化量とに基づいて供給速度を制御すれば、光ファイバの線引速度は短時間のうちに設定線速に到達する。また、光ファイバの線引開始後の当初は線速差に基づいて供給速度を制御し、実際線速が設定線速の一定割合以上になった後には線速差と単位時間当たりの変化量とに基づいて供給速度を制御すれば、光ファイバの線引速度は更に短時間のうちに設定線速に到達する。さらに、光ファイバ母材の外径や加熱炉の加熱温度等の条件に依らず、略一定時間の経過後に、設定線速に到達する。

【0045】したがって、光ファイバの不良部分の発生量が少なく、また、その発生量のばらつきは小さく、生産性が向上する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光ファイバ線引装置の構成図である。

【図2】光ファイバ母材の供給速度を求める演算回路の回路ブロック図である。

【図3】光ファイバ線引開始後の線速上昇時における光ファイバ線引方法の第1の実施形態の説明図である。

【図4】光ファイバ線引開始後の線速上昇時における光ファイバ線引方法の第2の実施形態の説明図である。

【図5】第1の実施形態に係る光ファイバ線引方法による線引の実験結果のグラフである。

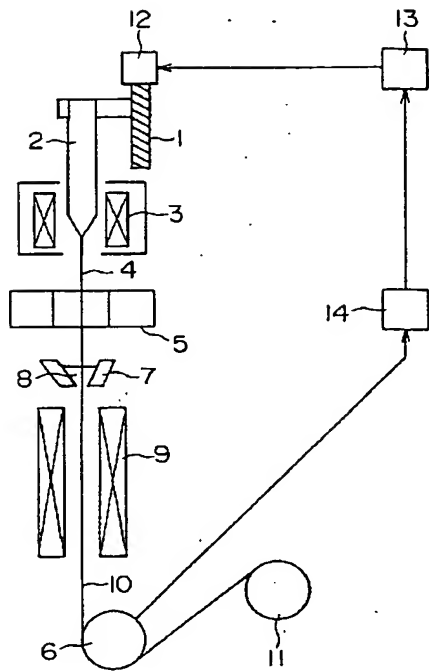
【図6】第2の実施形態に係る光ファイバ線引方法による線引の実験結果のグラフである。

【図7】従来の光ファイバ線引方法による線引の実験結果のグラフである。

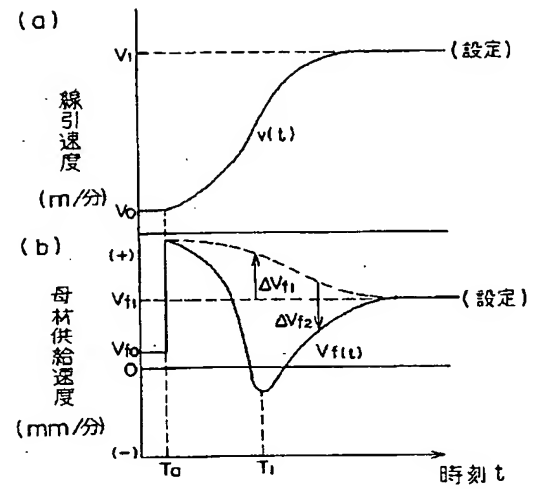
#### 【符号の説明】

1…母材供給装置、2…光ファイバ母材、3…加熱炉、4…光ファイバ、5…外径測定器、6…キャプスタン、7…プライマリコーディングダイス、8…コーティング樹脂液、9…樹脂硬化炉、10…光ファイバ素線、11…巻取機、12…モータ、13…ドライバ、14…演算部、21、22…減算器、23、24…乗算器、25…加算器。

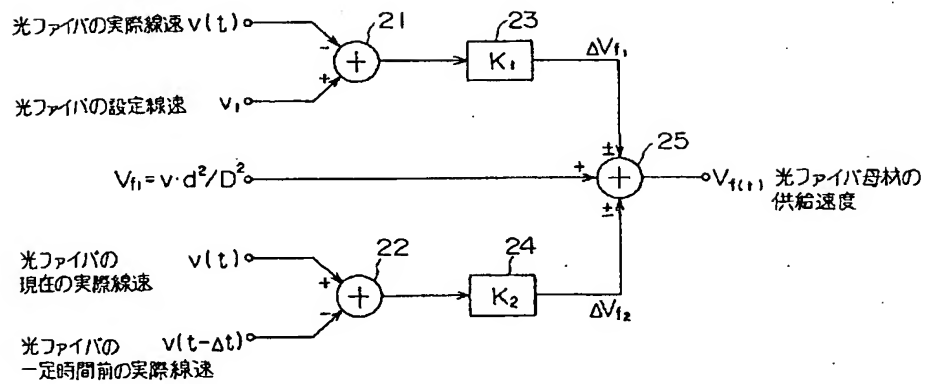
【図 1】



【図 3】

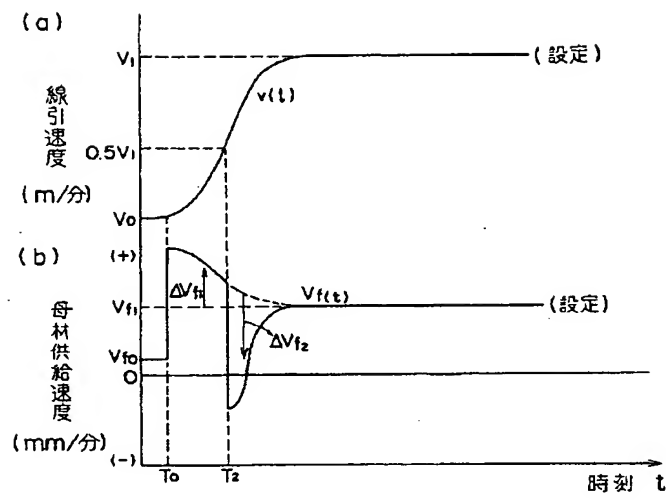


【図 2】

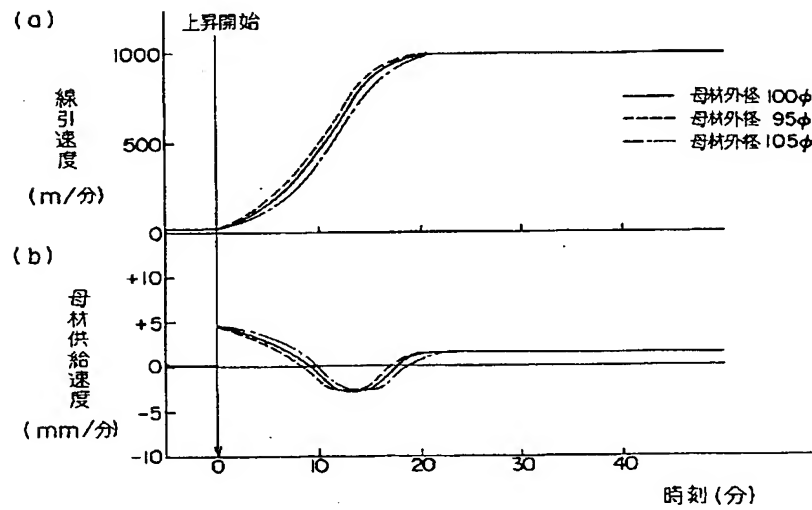




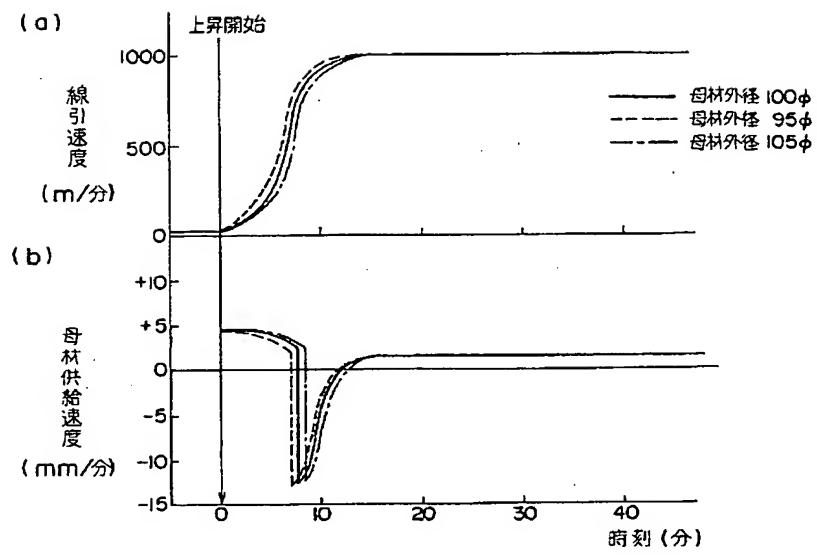
【圖 4】



【圖 5】



【圖6】



【圖7】

